

文章编号:1671-6833(2010)05-0036-04

# Sasobit<sup>®</sup> 温拌沥青混合料水稳定性能研究

郭 平<sup>1,2</sup>

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 陕西西安公路研究院, 陕西 西安 710054)

**摘 要:** 为详细探究温拌沥青混合料的水稳定性能及其改善措施, 采用掺量为 3% 的 Sasobit<sup>®</sup> 改性沥青拌制 AC-13C 型沥青混合料, 以 4 种不同的击实温度成型马歇尔试件, 测定各项指标, 确定了最佳的击实温度, 对普通沥青混合料以及未掺加抗剥落剂、掺加某液体抗剥落剂和掺加消石灰的 Sasobit<sup>®</sup> 沥青混合料, 采用常规马歇尔残留稳定度试验、冻融劈裂试验及汉堡车辙试验进行水稳定性能测试与对比分析。试验结果表明: Sasobit<sup>®</sup> 沥青混合料的最佳击实温度为 125℃ 左右; Sasobit<sup>®</sup> 沥青混合料的长期水稳定性明显低于普通沥青混合料; 掺加液体抗剥落剂或消石灰均可以大幅提高 Sasobit<sup>®</sup> 沥青混合料的水稳定性能; 掺加消石灰是提高和改善 Sasobit<sup>®</sup> 沥青混合料水稳定性能的最佳措施。

**关键词:** 路面材料; Sasobit<sup>®</sup> 沥青混合料; 水稳定性能; 汉堡车辙试验; 抗剥落剂

**中图分类号:** U414.1 **文献标识码:** A

## 0 引言

温拌沥青混合料是一种新型的绿色道路材料, 具有节能和环保的特点, 目前在世界范围内得到广泛的推广和应用。与热拌沥青混合料相比, 温拌沥青混合料(Warm Mix Asphalt, WMA)的拌合和压实温度能够降低约 30~50℃<sup>[1-2]</sup>。生产和施工温度的降低一方面使二氧化碳、氧化氮类气体及沥青烟等有害气体的排放量大幅度降低, 另一方面使沥青混合料生产所消耗的能源降低约 20%~30%<sup>[3]</sup>。国内外对温拌沥青混合料的路用性能进行了大量研究, 研究结果表明: 温拌沥青混合料能够达到(或接近)热拌沥青混合料的路用性能<sup>[4-5]</sup>。但是, 根据国内王茂文和美国沥青技术中心(NCAT)的相关研究结果, 由于温拌沥青混合料拌合和压实温度较低, 其水稳定性能相对较低, 需要掺加抗剥落剂进行改善<sup>[6-7]</sup>。

笔者采用 Sasobit<sup>®</sup> 作为沥青改性剂制备改性沥青, 以 AC-13C 型级配进行配合比设计, 通过常规试验和汉堡车辙试验对 Sasobit<sup>®</sup> 沥青混合料和相同级配普通沥青混合料的水稳定性能进行了测试与对比; 分别采用掺加液体抗剥落剂和消石灰的方法来提高 Sasobit<sup>®</sup> 温拌沥青混合料的水稳

定性能, 并对两种方法的改善效果进行了对比试验研究。

## 1 原材料性质及配合比设计

### 1.1 Sasobit<sup>®</sup> 改性沥青

Sasobit<sup>®</sup> (沙索必德) 是 1997 年 SASOL-WAX 公司在德国的研发部门开发的新型普适沥青改性剂, 是一种高碳数脂肪烃类, 具有细结晶体结构, 主要由长度为 C<sub>40</sub>~C<sub>100</sub> 的长链碳原子组成, 因此具有较高的熔点<sup>[8]</sup>。其各项指标测试结果如表 1 所示。

表 1 Sasobit<sup>®</sup> 各项指标测试结果

Tab. 1 Performance index test results of Sasobit<sup>®</sup>

测试项目	测试结果
熔点/℃	100
闪点/℃	290
黏度(135℃)/(10 <sup>-3</sup> Pa·s)	5.8
针入度(25℃)/(0.1mm)	1
针入度(65℃)/(0.1mm)	7
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	0.94

本次试验采用的沥青为东海 AH-70 道路石油沥青, 将 Sasobit<sup>®</sup> 掺入基质沥青中制备改性沥青, 掺量为沥青质量的 3%, Sasobit<sup>®</sup> 改性沥青的

收稿日期: 2010-03-23; 修订日期: 2010-06-07

基金项目: 陕西省交通科技项目(2007-17K)

作者简介: 郭平(1980-), 男, 山东菏泽人, 长安大学博士研究生, 工程师, 研究方向为路基路面工程, E-mail: east-pillar@qq.com

性能指标检测结果如表 2 所示。

表 2 沥青和 Sasobit® 改性沥青指标检测结果  
Tab.2 Performance index of asphalt and Sasobit® modified asphalt

测试项目	测试结果	
	沥青	改性沥青
针入度(25℃,100 g,5 s)/0.1 mm	72	51
延度(5 cm/min, 15℃)/cm	>100	76.5
软化点(环球法)/℃	48.0	80.4
黏度(135℃)/(10 <sup>-3</sup> Pa·s)	576	328
相对密度(25℃)/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.034	1.031
48 h 软化点/℃	—	0.6

由试验结果可知, Sasobit® 的掺入使普通沥青的针入度降低, 软化点升高, 提高了沥青混合料的高温性能; 但同时沥青的延度减小, 降低了沥青混合料的低温性能, 因此, 需要综合考虑 Sasobit® 改性沥青的性能, 确定 Sasobit® 的掺量。试验结果还表明, Sasobit® 使沥青的高温黏度降低, 从而改善了沥青混合料在生产和碾压过程中的流动性, 这也就是 Sasobit® 能够降低沥青混合料拌和和压实温度的原因。

1.2 矿料及配合比设计

本次试验粗集料采用玄武岩, 细集料和矿粉均采用石灰岩加工而成, 技术指标经测试均满足 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》中的相关要求。按照马歇尔设计方法进行 AC-13C 型沥青混合料配合比设计, 首先进行级配优选, 确

定矿料级配, 然后根据马歇尔试验结果确定最佳油石比为 4.8%。矿料级配如表 3 所示。

1.3 Sasobit® 沥青混合料成型温度及马歇尔试验

不同的成型温度对温拌沥青混合料的空隙率等体积指标和各项性能有较大的影响<sup>[9]</sup>。因此, 本次试验以 4.8% 的最佳油石比对 Sasobit® 沥青混合料进行变温击实试验。分别选取 110, 125, 140, 155℃ 4 个击实温度成型马歇尔试件, 测定各项指标, 并与相同油石比下普通沥青混合料的试验结果进行对比, 结果如表 4 所示。

试验结果表明, Sasobit® 沥青混合料的空隙率和矿料间隙率 VMA 指标随着击实温度的升高而降低, 毛体积密度、沥青饱和度 VFA 和稳定度指标则随着击实温度的升高而增大。在 110, 125, 140, 155℃ 4 个击实温度下, Sasobit® 沥青混合料的主要体积指标与普通沥青混合料差别不大, 均能满足规范的相关要求。最终根据试验结果, 确定 Sasobit® 沥青混合料的击实温度为 125℃。

表 3 AC-13C 型沥青混合料矿料级配  
Tab.3 Asphalt mixture gradation of AC-13C

筛孔尺寸/mm	通过率/%	筛孔尺寸/mm	通过率/%
16.00	100.0	1.18	20.5
13.20	93.8	0.60	13.4
9.50	71.2	0.30	10.2
4.75	41.1	0.15	7.9
2.36	28.2	0.075	5.8

表 4 Sasobit® 沥青混合料及普通沥青混合料马歇尔试验结果  
Tab.4 Marshall test results of Sasobit® asphalt mixture and hot mixture asphalt

沥青类型	击实温度/℃	油石比/%	毛体积密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	最大理论密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	空隙率/%	VMA/%	VFA/%	稳定度/kN	流值/0.1 mm
普通沥青	150	4.8	2.429	2.551	4.8	14.5	66.9	13.8	26.8
Sasobit®	110	4.8	2.403	2.546	5.6	15.4	63.6	12.7	35.4
Sasobit®	125	4.8	2.421	2.546	4.9	14.8	66.8	12.9	34.6
Sasobit®	140	4.8	2.431	2.546	4.5	14.4	68.8	13.6	32.3
Sasobit®	155	4.8	2.442	2.546	4.1	14.0	70.8	14.2	34.1

2 水稳定性能试验

为了对比分析 Sasobit® 沥青混合料和普通沥青混合料的水稳定性能, 分别进行马歇尔残留稳定度试验、冻融劈裂试验以及汉堡车辙试验。本试验选取 2 种不同的抗剥落剂改善和提高 Sasobit® 沥青混合料的水稳定性能, 一种为某液体抗剥落剂, 掺量为沥青用量的 3‰; 一种为消石灰, 掺量为矿料总重的 1.5%。应用上述 3 种试验方法分

别对掺加液体抗剥落剂和消石灰的 Sasobit® 沥青混合料进行试验, 评价其水稳定性能, 优选出最佳的改善措施。

2.1 常规水稳定性能试验

2.1.1 马歇尔残留稳定度试验

浸水马歇尔试验测定的试件浸水 48 h 后的稳定度与标准试验条件下测定的稳定度的比值, 即为残留稳定度。为评价其长期性能, 按照 JTJ 052—2000《公路工程沥青及沥青混合料试验规

程》规定的方法对 Sasobit® 沥青混合料和普通沥青混合料进行了短期老化和长期老化试验,测定不同沥青、不同试验条件和不同抗剥落剂的沥青混合料残留稳定度,具体试验结果见表 5。

表 5 马歇尔残留稳定度试验结果

of asphalt mixture				%
沥青类型	处治方式	未老化	短期老化	长期老化
普通沥青	无	85.4	81.6	74.9
Sasobit®	无	82.1	76.7	69.9
Sasobit®	液体抗剥落剂	89.7	84.1	77.6
Sasobit®	消石灰	90.5	86.3	80.5

试验结果表明:与普通沥青混合料相比,Sasobit® 沥青混合料的残留稳定度值偏低,尤其在短期和长期老化后,该指标的差别更加明显,说明 Sasobit® 沥青混合料的长期水稳定性能较差;掺加液体抗剥落剂或者消石灰后,Sasobit® 沥青混合料的残留稳定度指标,都得到明显提高。

2.1.2 冻融劈裂试验

为更好地评价沥青混合料在严苛环境下的水稳定性能,冻融劈裂试验冻融循环的次数分别为 1 次、5 次和 10 次。对不同沥青、不同试验条件和不同抗剥落剂的沥青混合料残留强度比指标进行测定,具体试验结果见表 6。

试验结果表明:在冻融循环次数为 1 次、5 次和 10 次的情况下,Sasobit® 沥青混合料的残留强度比指标都较普通沥青混合料偏低;掺加某液体抗剥落剂或消石灰后,Sasobit® 沥青混合料的残留强度比指标提高明显,说明液体抗剥落剂或消石灰能明显改善 Sasobit® 沥青混合料的水稳定性能。

表 6 冻融劈裂残留强度比试验结果

of asphalt mixture				%
沥青类型	处治方式	冻融循环 1 次	冻融循环 5 次	冻融循环 10 次
普通沥青	无	85.2	60.2	23.7
Sasobit®	无	83.1	54.6	15.3
Sasobit®	液体抗剥落剂	87.8	71.5	43.6
Sasobit®	消石灰	87.5	72.4	44.1

2.2 汉堡车辙试验

汉堡车辙试验采用线性揉搓压实机成型试件,试件的空隙率为 7% ± 1%。试验将试件放入水中进行,水温为 25 ℃ 到 70 ℃,其中最常用的水温为 45 ℃ 或 50 ℃。将宽 47 mm、重 705 N 的钢轮

加载到试件上并做往复运动,直至钢轮往复运动次数达到 20 000 次或者车辙变形达到 20 mm 为止。

汉堡车辙试验主要包括剥落点、车辙深度、相对变形率、蠕变斜率和剥落斜率等评价指标,如图 1 所示。图中曲线可先后分为后压实、蠕变和剥落 3 个阶段。剥落点是蠕变斜线与剥落斜线的交叉点,在剥落点之后,车辙变形率急剧增加,该点出现得越早,说明沥青混合料的抗剥落能力越差。蠕变斜率和剥落斜率分别反映试件在蠕变和剥落阶段的车辙变形速率,其值越大表明变形速率越慢,水稳定性能也越好。

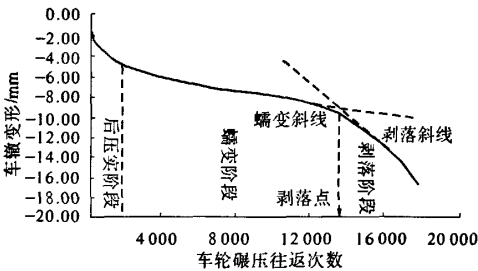


图 1 汉堡车辙试验报告图

Fig. 1 HWD test report figure

研究表明,汉堡车辙试验结果主要受到沥青混凝土强度、短期老化的时间长短、压实温度和抗剥落剂效果等因素的影响<sup>[10-11]</sup>。所有因素都可能影响温拌沥青混合料水稳定性能,因此,汉堡车辙试验能够准确地评价温拌沥青混合料的水稳定性能。对不同沥青、不同试验条件和不同抗剥落剂的沥青混合料分别进行汉堡车辙试验结果见表 7。

表 7 汉堡车辙试验结果

Tab. 7 HWD test results of asphalt mixture						
沥青类型	处治方式	剥落点 /次	车辙深 度/mm	相对变 形率/%	蠕变 斜率	剥落 斜率
普通沥青	无	6 300	13.6	22.6	-2.2E-04	-6.4E-04
Sasobit®	无	3 750	>20	>33.3	-7.1E-04	-5.7E-03
Sasobit®	液体抗剥落剂	无	9.28	15.4	-2.3E-04	无
Sasobit®	消石灰	无	7.83	13.1	-1.5E-04	无

试验结果表明,相比普通沥青混合料,Sasobit® 沥青混合料剥落点出现的早,车辙深度和相对变形率指标都较大,在蠕变和剥落阶段,车辙变形的速率都较快,说明其水稳定性能较差;掺加液体抗剥落剂或消石灰后,Sasobit® 沥青混合料在试验过程中未出现剥落点,说明抗剥落能力得到大幅提高;掺加消石灰 Sasobit® 沥青混合料的车辙深度、相对

变形率和蠕变斜率指标均优于掺加某液体抗剥落剂的沥青混合料,说明掺加消石灰是改善 Sasobit® 沥青混合料水稳定性能的最佳措施。

### 3 结论

(1)在相同的掺量下,随着击实温度的升高, Sasobit® 沥青混合料的空隙率和矿料间隙率逐渐降低,毛体积密度、沥青饱和度和稳定度则不断增大, Sasobit® 沥青混合料的最佳击实温度为 125 ℃。

(2)与普通沥青混合料相比, Sasobit® 沥青混合料的残留稳定度和残留强度比指标均偏低,无论掺加液体抗剥落剂还是消石灰,均能有效地提高和改善 Sasobit® 沥青混合料的水稳定性能,但对两种抗剥落剂的改善效果区分不明显。

(3)汉堡车辙试验结果表明,在水热和重载双重作用的严苛条件下, Sasobit® 沥青混合料的水稳定性能明显低于普通沥青混合料;相比液体抗剥落剂,掺加消石灰的 Sasobit® 沥青混合料水稳定性能更好,说明掺加消石灰是提高和改善 Sasobit® 沥青混合料水稳定性能的最佳措施。

### 参考文献:

- [1] 王江平,洪斌. 节能减排型温拌沥青混凝土特性与应用[J]. 筑路机械与施工机械化, 2008(9): 41-43.
- [2] 刘至飞,吴少鹏,陈美祝,等. 温拌沥青混合料现状及存在问题[J]. 武汉理工大学学报, 2009, 31(4):

170-173.

- [3] 秦永春,黄颂昌,徐剑,等. 温拌沥青混合料节能减排效果的测试与分析[J]. 公路交通科技, 2009, 26(8): 33-37.
- [4] 季节,冉晋,徐世法. Sasobit 沥青混合料路用性能[J]. 交通运输工程学报, 2009, 9(4): 6-9.
- [5] 侯月琴. 温拌沥青混合料性能研究[D]. 西安: 长安大学公路学院, 2008.
- [6] 王茂文,吴超凡,朱沅峰,等. 掺 Sasobit® 的改性沥青与温拌沥青混合料路用性能研究[J]. 公路, 2009(11): 175-179.
- [7] HURLEY G C, PROWELL B D. Evaluation of Sasobit for use in warm mix asphalt[R]. Auburn: National Center for Asphalt Technology, 2005.
- [8] DAMM K W, ABRAHAM J, BUTZ T, et al. Asphalt flow improvers as intelligent fillers' for hot asphalts - a new chapter in asphalt technology[J]. Journal of Applied Asphalt Binder Technology, 2002(4): 36-39.
- [9] 叶奋,王宝松,贾晓阳,等. 成型温度对温拌沥青混合料水稳定性的影响[J]. 建筑材料学报, 2009, 12(3): 302-305, 309.
- [10] TIM A. Evaluation of hamburg wheel - tracking device to predict moisture damage in hot mix asphalt[J]. Transportation Research Record 1492, 1995: 193-201.
- [11] IZZO R P, TAHMORESSI M. Use of the hamburg wheel - tracking device for evaluating moisture susceptibility of HMA[J]. Transportation Research Record 1681, 1999: 76-85.

## Study on Water Stability of Sasobit® Warm Mixture Asphalt

GUO Ping<sup>1,2</sup>

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Xi'an Highway Research Institute, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** In order to investigate water stability and improved measure of warm mixture asphalt, AC-13C asphalt mixtures were prepared with 3% Sasobit® content and the optimal compaction temperature was determined according to test results of specimens formed at 4 different compaction temperatures by Marshall method. The general water stability tests and Hamburg wheel-tracking device were used to test the water stability of 4 kinds of asphalt mixtures, which were ordinary asphalt mixture, Sasobit® asphalt mixture without adding any anti-stripping agent, Sasobit® asphalt mixture adding liquid anti-stripping agent and Sasobit® asphalt mixture adding hydrated lime. Test results show that the optimal compaction temperature is about 125 ℃; and compared with ordinary asphalt mixture, the long-term water stability of Sasobit® asphalt mixture is obviously poor caused by the lower compaction temperature; the addition of either liquid anti-stripping agent or hydrated lime improves the water stability to a great extent; comparatively speaking, addition of hydrated lime is the optimum measure to improve the water stability of Sasobit® warm mixture asphalt.

**Key words:** pavement material; Sasobit®; asphalt mixture; water stability; HWTd; anti-stripping agent